



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 36 42 136 C 3**

⑤1 Int. Cl.⁵:
H 02 H 3/44
H 02 H 3/08

②1 Aktenzeichen:	P 36 42 136.7-32
②2 Anmeldetag:	10. 12. 86
④3 Offenlegungstag:	23. 6. 88
④5 Veröffentlichungstag der Patenterteilung:	30. 11. 89
④5 Veröffentlichungstag des geänderten Patents:	25. 2. 93

DE 36 42 136 C 3

Patentschrift nach Einspruchsverfahren geändert

⑦3 Patentinhaber:

Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH, 6000 Frankfurt,
DE

⑦2 Erfinder:

Spindler, Josef, Dipl.-Ing.; Meyer, Herbert, Dr.-Ing.,
2350 Neumünster, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-AS 28 41 009
DE-OS 35 19 262
DE-OS 28 00 076
DE-OS 15 13 283

KEDERS, Theodor: Die Ermittlung der Einstell-
werte von Schutzeinrichtungen mit di/dt-Auf-
lösung in Drehstromnetzen. In: Calor-Emag-
Mitt., 1963, H.1/2,
S.42-58;

HEUMANN, K.: Grundlagen der Leistungselektronik,
Teubner-Verlag, 2.Auflage, 1978, S.117-119;
DE-Z.: elektronikpraxis, Nov. 1982, S. 29;

⑤4 Elektronischer Auslöser für kurzschlußstrombegrenzende Schalter

DE 36 42 136 C 3

Die Erfindung betrifft einen elektronischen Auslöser gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Derartige Auslöser haben die Aufgaben, so früh wie möglich Überströme, insbesondere Kurzschlußströme, zu erkennen und den Schalter auszulösen, um die thermische und dynamische Belastung der zu schützenden Anlagen auf ein Minimum zu verringern.

Aus den CALOR-EMAG-MITT., 1963, H. 1/2, S. 42-55, ist ein Verfahren für die di/dt -Auslösung in Wechsel- und Drehstromnetzen bekannt, mit dem die Auslösung nach Überschreitung eines Schwellenwertes der Stromsteilheit erfolgt. In diesem Verfahren wird die Stromsteilheit der Augenblickswerte des Kurzschlußstromes innerhalb eines eingeschränkten Meßbereiches ausgewertet. Lage und Breite dieses Meßbereiches in Bezug auf einen für den Kurzschlußpfad definierten Ansprechstrom I_A bestimmen die am di/dt -Auslöser einzustellende Ansprechsteilheit. Bei diesem Verfahren ist es möglich, daß ein Strom mit einem kleineren Effektivwert als I_A im Meßbereich die Ansprechsteilheit überschreitet, womit es zu einer unnötigen Abschaltung kommt.

Deshalb ist die Einführung eines Streufaktors k_s erforderlich, der den kleinsten Strom bestimmt, der noch zur Auslösung führen kann. Der Streufaktor ist von der Lage und Breite des Meßbereiches ebenfalls abhängig. Entscheidend ist dabei die Lage der Meßbereichsgrenzen relativ zum effektiven Ansprechstrom I_A bzw. zu seinem Scheitelwert \hat{I}_A .

Aus der DE-OS 35 19 262 ist ein Verfahren für eine Überstromauslösung mit einem elektronischen Auslöser bekannt, bei dem in Abhängigkeit von der Größe und Dauer eines Überstromes ein Auslösesignal erzeugt wird. Um bei schwindendem Überstrom eine Fehlauflösung zu verhindern, wird der Differenzen- oder Differentialquotient der Meßgröße bei der Auswertung berücksichtigt.

Ein aus der DE-OS 15 13 283 bekannter Auslöser spricht auf Überlast dadurch an, daß in Abhängigkeit von Größe und Dauer eines Überstromes ein Kondensator geladen wird, und daß bei einer bestimmten Kondensatorspannung die Auslösespule des Leistungsschalters aktiviert wird. Die Aufladung des Kondensators wird von einem Verzögerungsglied gesteuert, das bei kleineren Überlastströmen die Kondensatorladung verzögert.

Elektronische Auslöser können statt auf elektromechanische Leistungsschalter auch auf Thyristoren einwirken. Unabhängig von dem hier aufgezeigten Anwendungsfall ist es allgemein bekannt, daß die Ausschaltung von Thyristoren mit Löschkondensatoren durchgeführt werden kann ("Grundlagen der Leistungselektronik", Teubner-Verlag, 1978, 2. Aufl., Seite 117-119).

In der DE-AS 28 41 009 ist ein Verfahren und eine Einrichtung zur Fehler- und/oder Fehlerrichtungsdetektion beschrieben.

In diesem Verfahren werden Strom- und Spannungsabweichungen gegenüber dem fehlerfreien Strom- und Spannungsverlauf erfaßt und zur Fehlerdetektion mindestens einer der Abweichungswerte mit einer Grenzwertfunktion verglichen, die aus beiden Abweichungswerten gebildet ist. In einer Auswertungsvariante dieses Verfahrens wird aus den Abweichungswerten von Strom und Spannung über eine rationale Funktion ein Kombinationswert einem Grenzwertvergleich, vorzugsweise mit einem festen Grenzwert, unterzogen. Die

aus den Strom- und Spannungsabweichungen gebildete Grenzwertfunktion verläuft, bezogen auf eine Darstellung in einem Koordinatensystem, dessen Koordinaten durch die Strom- und Spannungsabweichungen gebildet sind, wenigstens abschnittsweise unter einem Neigungswinkel (α) gegen eine der Koordinatenachsen sowie mit Abstand vom Koordinaten-Nullpunkt.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen elektronischen Auslöser für in Wechsel- oder Drehstromanlagen eingesetzte Leistungsschalter zu schaffen, der trotz kleiner Bauabmessungen gegen alle in der Praxis auftretenden Über- und Kurzschlußströme ausreichend Schutz bietet.

Diese Aufgabe wird durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Hiermit wird ein einfacher und platzsparender Auslöser geschaffen, mit dem eine Auslösung und Ausschaltung bei wesentlich kleineren Strömen als mit konventionellen Auslösern erzielt wird. Die Ausschaltung wird erleichtert, weil die z. B. im Lichtbogen umzusetzende magnetische Energie mit dem Quadrat des Stromes steigt. Ferner wird die thermische und dynamische Belastung der zu schützenden Anlage und des Schalters verringert, weil auch sie sich mit dem Quadrat des Stromes verringert. Das bedeutet aber, daß mit kleineren Schaltern ein größerer Anlagenschutz erzielt wird.

Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen dargestellt.

In der Zeichnung sind mögliche Arbeitsweisen und der prinzipielle Aufbau eines Auslösers nach der Erfindung dargestellt.

Fig. 1–3 zeigen grafische Darstellungen des zeitlichen Verlaufes des Einschaltstromes und des Verlaufes der Stromsteilheit als Funktion dieses Stromes bei verschiedenen $\cos\varphi$ -Werten und Einschaltzeitpunkten.

Fig. 4 zeigt den Verlauf einer möglichen Schwellenwertfunktion eines Auslösers und

Fig. 5 den prinzipiellen Aufbau eines solchen Auslösers.

Bei der Betrachtung der Fig. 1 bis 4 wird beispielsweise ein elektronischer Auslöser für einen Motorschutzschalter für 100 A Nennstrom angenommen, dessen Auslöser ansprechen soll, wenn $I_{eff} > 1200$ A wird und $\cos\varphi = 0,2 \dots 0,95$ beträgt. In den Fig. 1 bis 3 wurden zugunsten einer übersichtlichen Darstellung nur die Einschaltzeitpunkte $t_{ein} = 0 \dots 10$ ms nach dem positiven Spannungs-Nulldurchgang betrachtet.

In den Fig. 1 bis 3 sind für $I_{eff} = 1200$ A beispielsweise dargestellt

- a) der Stromverlauf über der Zeit $i = f(t)$ und
- b) die Stromsteilheit über dem Augenblickswert des Stromes, $di/dt = f(i)$, unter folgenden Bedingungen:

Fig. 1 Einschaltung im ungünstigsten Einschaltzeitpunkt, nämlich im Spannungs-Nulldurchgang, bei $\cos\varphi = 0,2$. Der Scheitelwert des Stromes i (Stromsteilheit $di/dt = 0$) hat hier sein Maximum, nämlich

$$i_{max} = \sqrt{2} \cdot I_{eff} \cdot \kappa \cdot \cos\varphi$$

$$\text{d. h. } i_{max} = \sqrt{2} \cdot I_{eff} \cdot 1,56 = 2640 \text{ A}$$

Für einen nur stromabhängigen Auslöser wäre das der Ansprechgrenzstrom. Erst bei noch größeren Stromwerten muß er auslösen. Ein gleich großer und kleinere Stromwerte dürfen nicht zur Auslösung führen, weil sie betriebsmäßig, z. B. beim Motoranlauf, auftre-

ten können.

Fig. 2 Einschaltung im günstigsten Einschaltzeitpunkt, nämlich im Strom-Nulldurchgang. Da hier kein Ausgleichsglied auftritt, entspricht der Stromverlauf völlig dem stationären Zustand, d. h.: dem eingeschwungenen Zustand nach Abklingen des Ausgleichsgliedes. Der weitere Stromverlauf beim Anlauf des Motors wird hier nicht betrachtet.

Fig. 3 Einschaltung in dem Zeitpunkt, in dem die höchste Stromsteilheit im Augenblick des Stromflußbeginns auftritt, nämlich im Maximum der Spannung, 5 ms nach ihrem Nulldurchgang, bei $\cos\varphi = 0,95$.

Die Fig. 1 und 3 zeigen die Extrema, die sich bei $I_{eff} = 1200$ A, $\cos\varphi = 0,2\text{--}0,95$ und Einschaltzeitpunkten 0 bis 10 ms nach dem positiven Spannungs-Nulldurchgang ergeben. Zur Erfassung aller Einschaltzeitpunkte von 0 bis 20 ms nach dem positiven Spannungs-Nulldurchgang sind in den Fig. 1b und 3b die Kurven $di/dt = f(i)$ sowohl an der Ordinate als auch an der Abszisse zu spiegeln. Das Ergebnis ist in Fig. 4 dargestellt.

Alle Kurven $di/dt = f(i)$, die unter den gemachten Voraussetzungen auftreten können, liegen innerhalb der so gewonnenen Hüllkurve (Schwellenwertfunktion). Diese Hüllkurve definiert also die Ansprechgrenze des Auslösers durch die Vorgabe der noch zulässigen Werte der Stromsteilheit in bezug auf den Augenblickswert des Stromes bzw. durch die Vorgabe der noch zulässigen Augenblickswerte des Stromes in bezug auf die Stromsteilheit.

Alle Wertepaare aus Stromsteilheit und Augenblickswert des Stromes, die außerhalb der Hüllkurve liegen, führen zur unverzügerten Auslösung.

Die Hüllkurve kann in einem elektronischen Auslöser nachgebildet oder als mathematische Funktion mit beliebig großer Genauigkeit angenähert werden. Eine einfache Möglichkeit wäre z. B. ein Rechteck, dessen Seitenlängen durch die positiven und negativen Maximalwerte der Stromsteilheit bzw. des Augenblickswertes des Stromes bestimmt werden. Dabei würde sich allerdings die Ansprechgenauigkeit verringern, weil die in Fig. 4 dargestellte Kurve die hohe Stromsteilheit bei Stromflußbeginn berücksichtigt, die sich bei Einschaltung des Stromes von $I_{eff} = 1200$ A mit $\cos\varphi = 0,95$ im Spannungs-Scheitelwert ergibt.

Gerade bei dem hier beispielsweise gewählten Auslöser für einen Motorschutzschalter mit einem Ansprechwert des Kurzschlußauslösers von 1200 A kann angenommen werden, daß der Motoranlaufstrom einen wesentlich kleineren $\cos\varphi$ hat. Praktisch kann hier mit $\cos\varphi$ -Werten unter 0,5 gerechnet werden. Dadurch würde sich die maximale Stromsteilheit bei $i = 0$ von etwa 1700 A/ms auf etwa 600 A/ms verringern, und die Empfindlichkeit des Auslösers könnte entsprechend erhöht werden.

So könnte die Ansprech-Grenzkurve beispielsweise auch durch die Funktion einer Ellipse bzw. eines Kreises angenähert werden.

Mit dem Auslöser gemäß Fig. 5 können mit einer Sampling-Rate von beispielsweise 10 Mikrosekunden größere Kurzschlußströme (über etwa 500 A) bereits bei der ersten Messung als solche erkannt und es kann schon bei Strom-Augenblickswerten von weniger als 300 A der Auslösebefehl gegeben werden.

Mit R, S und T sind die Phasen eines Netzes bezeichnet. In jeder Phase ist als Sensor ein Stromwandler 1, 2, 3, z. B. eine Rogowski-Spule vorgesehen, mit dem die Stromsteilheit di/dt erfaßt wird, und zwar in regelmäßi-

gen kurzen Zeitabständen (sampling rates), beispielsweise in 10 μ s. Die di/dt -Werte werden in A/D-Wandlern 4, 5, 6 digitalisiert und einem Mikro- oder Signalprozessor 7 zugeführt.

Die digitalisierten Stromsteilheiten di/dt werden in Multiplizierern 8, 9, 10 mit den Zeitwerten (sampling rates) multipliziert und aus diesen Produkten in den Bauelementen 11, 12, 13 die dazugehörigen Strom-Augenblickswerte i errechnet. Somit kann aus den erfaßten Stromsteilheiten durch permanente Integration der Strom errechnet werden nach der Gleichung

$$i_{t+1} = i_t + (di/dt) \cdot \Delta t$$

In weiteren Bausteinen 14, 15, 16, die die Auslösekennlinien enthalten und denen die Stromsteilheiten di/dt und die errechneten Stromwerte i zugeführt werden, wird der Vergleich der gemessenen bzw. errechneten Werte mit den Auslöse-Grenzdaten vorgenommen. Die Ausgangssignale gehen einem Rechner 17 zu, der eine unverzügerte Auslösung des Schutzschalters über eine Auslösespule 18, z. B. eine Thomsonspule, veranlaßt, wenn Schwellenwerte, die aus der Funktion von Strom und Stromsteilheit gebildet werden, überschritten werden. Das Symbol ≥ 1 im Rechner 17 bedeutet, daß schon das Ansprechen einer der drei Phasenschaltungen bzw. deren Funktion zur Auslösung führt. Über die Auslösespule 18 werden Schaltkontakte 19 in den Phasenleitungen R, S, T geöffnet und die zu schützende Anlage abgeschaltet.

Der elektronische Auslöser läßt sich vorteilhaft auch zum Schutz von Asynchronmotoren einsetzen, bei denen zunehmend Stromüberhöhungen beim Anlauf durch Eisensättigung auftreten. Dadurch bilden sich im Stromverlauf größere Stromsteilheiten bei höheren Strom-Augenblickswerten aus. Um diese sättigungsbedingten größeren di/dt -Werte noch zuzulassen, muß die üblicherweise vorgegebene Kennlinie in einem Strombereich, z. B. $i > 1500$ A, angehoben werden. Damit können Rushspitzen relativ einfach berücksichtigt und gleichzeitig eine wesentliche Vereinfachung in der Vorgabe des Auslösekriteriums in Hinblick auf den Prozessor-Aufbau erzielt werden.

Praktisch kann dieses dadurch verwirklicht werden, daß mehrere Auslösekennlinien in den Bausteinen 14 bis 16 der Fig. 4 mit unterschiedlichen Auslösewerten vorgesehen werden. Hierdurch wird eine verzögerte Auslösung bei mehrmaligem Überschreiten des weiteren Schwellenwertes des Stromes und der Stromsteilheit erzielt. Die Verzögerung kann mit bekannten Verzögerungsgliedern erreicht werden.

Bei Einsatz mehrpoliger Schalter kann darüber hinaus eine unverzügerte oder verzögerte Auslösung erfolgen, wenn die Summe der Ströme oder der Stromsteilheiten von Null abweicht. Damit kann ein Phasenausfallschutz gewährleistet werden.

Wenn dagegen als Auslösekriterium die Summe der Ströme oder der Stromsteilheiten gleich Null verwendet wird, wäre auch ein Fehlerstromschutz realisierbar. Hierfür könnte ein weiterer Summierer vor den Multiplizierern 8 bis 10 in der Anordnung nach Fig. 5 dienen.

Um den Auslöseimpuls zu verstärken, kann ein geladener Kondensator über einen Operationsverstärker auf die Spule des Schnellauslösers, z. B. Thomsonspule, entladen werden, wobei ein Kurzschlußring direkt die Kontakte aufschlägt.

Schließlich ist eine interessante Verwendung des Anmeldegegenstandes bei elektronischen Schaltern da-

durch möglich, daß eine schnelle Löschung des Halbleiters durch Gegenstrom erfolgen kann. Dieser wird durch Entladung eines Kondensators, eingeleitet durch den Auslöseimpuls, erzeugt.

Patentansprüche

1. Elektronischer Überstromauslöser für kurzschlußstrombegrenzende Schalter zur raschen Erkennung von Überströmen, vorzugsweise Kurzschlußströmen, in Wechselstrom- und Drehstromnetzen, wobei in jeder Hauptstrombahn ein Sensor zur laufenden Messung der Stromsteilheit vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß

- a) über A/D-Wandler (4, 5, 6) die in regelmäßigen, sehr kurzen Zeitabständen erfaßten Meßwerte digitalisiert werden;
- b) daß aus den digitalisierten Meßwerten in nachgeschalteten Mikro- oder Signalprozessoren (8—17) der Augenblickswert des Stromes jeder Hauptstrombahn durch Summation der Produkte aus Stromsteilheit und konstantem Zeitintervall errechnet wird;
- c) daß ein aus dem jeweiligen Augenblickswert von (errechnetem) Strom und (gemessener) Stromsteilheit gebildetes Wertepaar mit einer vorgebbaren, Strom und Stromsteilheit miteinander verknüpfenden Schwellenwertfunktion verglichen wird und
- d) daß bei Überschreitung des von der Schwellenwertfunktion vorgegebenen, zulässigen Bereiches durch das ermittelte Wertepaar eine unverzögerte Auslösung des Schalters erfolgt.

2. Elektronischer Auslöser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Vorliegen eines zulässigen Wertepaares dieses Wertepaar einem weiteren Vergleich mit einer anderen Schwellenwertfunktion unterzogen wird, die kleinere Werte von Strom und Stromsteilheit miteinander verknüpft, und daß bei Überschreitung dieser Schwellenwertfunktion ein Verzögerungsglied erst nach einer vorgegebenen Anzahl von Überschreitungen den Auslöseimpuls gibt.

3. Elektronischer Auslöser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Verlauf der Schwellenwertfunktion in einem rechtwinkligen Koordinatensystem, dessen einer Koordinate die Augenblickswerte des Stromes und dessen anderer Koordinate die Augenblickswerte der Stromsteilheit zugeordnet sind, ellipsen- oder kreis- oder rechteck- oder spiralförmig ist.

4. Elektronischer Auslöser für kurzschlußstrombegrenzende Schalter zur raschen Erkennung von Überströmen, vorzugsweise Kurzschlußströmen, in Wechselstrom- und Drehstromnetzen, dadurch gekennzeichnet, daß in jeder Hauptstrombahn eines mehrpoligen Schalters ein Sensor (1, 2, 3) zur Messung der Stromsteilheit in regelmäßigen kurzen Zeitabständen vorgesehen ist, daß über A/D-Wandler (4, 5, 6) die Meßwerte digitalisiert werden, daß aus den digitalisierten Meßwerten in nachgeschalteten Mikro- oder Signalprozessoren die Summe der Stromsteilheits-Werte gebildet und bei Abweichung der Summe vom Wert Null der Auslöseimpuls gegeben wird.

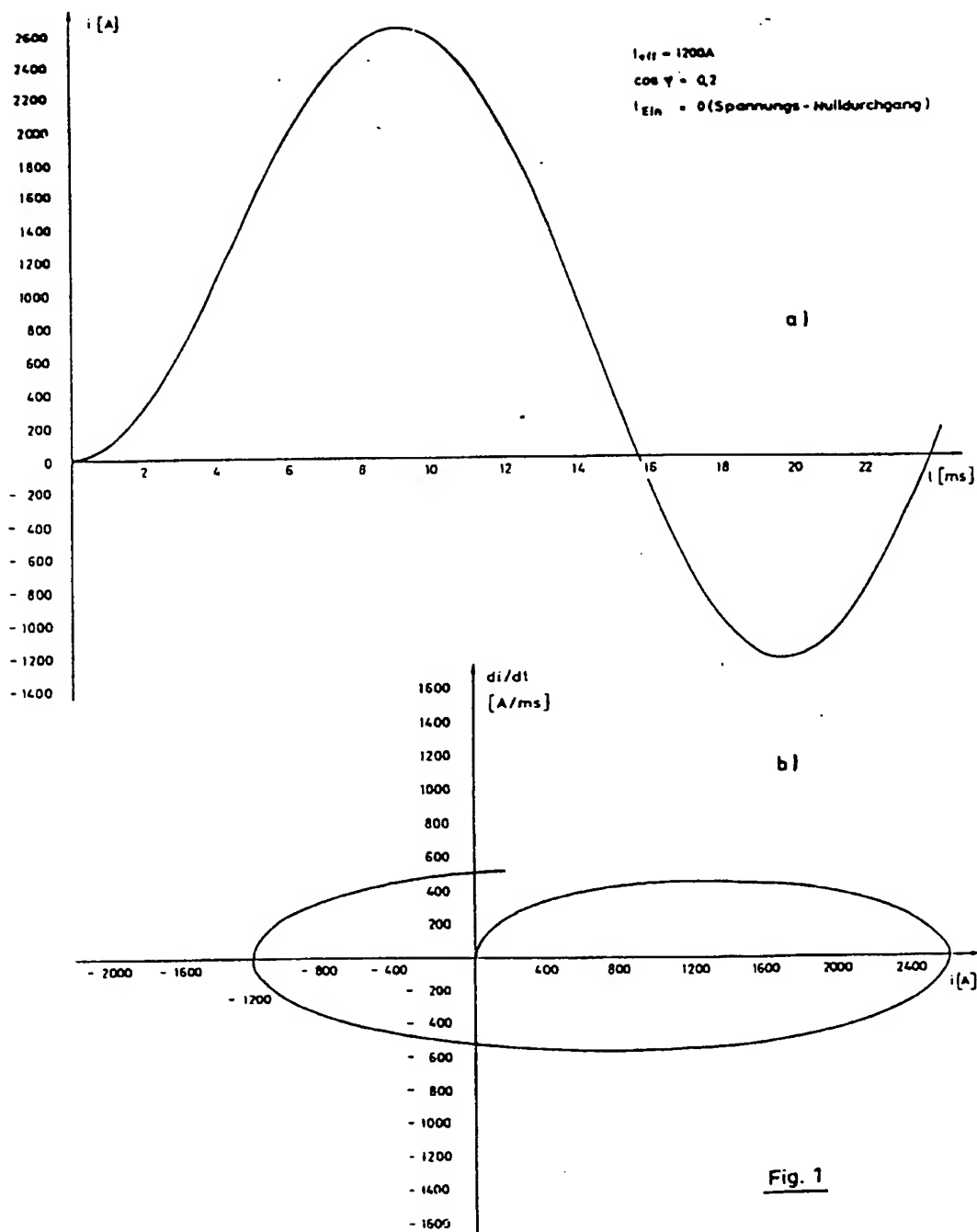
5. Elektronischer Auslöser nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Auslö-

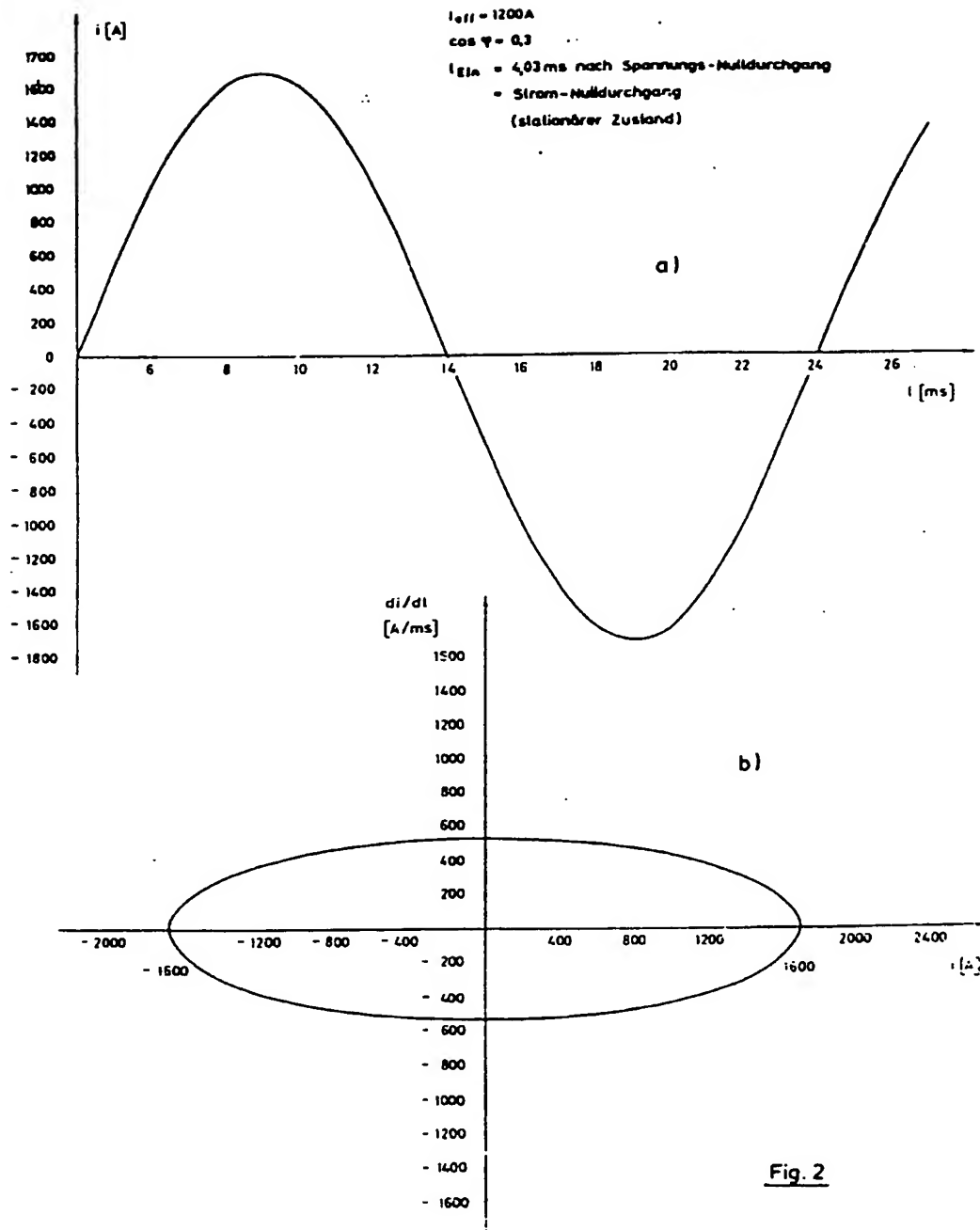
seimpuls über einen Verstärker die Entladung eines Kondensators auf die Spule (18) eines Schnellauslösers (z. B. Thomsonspule) freigibt, dessen reaktives Element (z. B. ein Kurzschlußring) direkt die Kontakte der Hauptstrombahn aufschlägt.

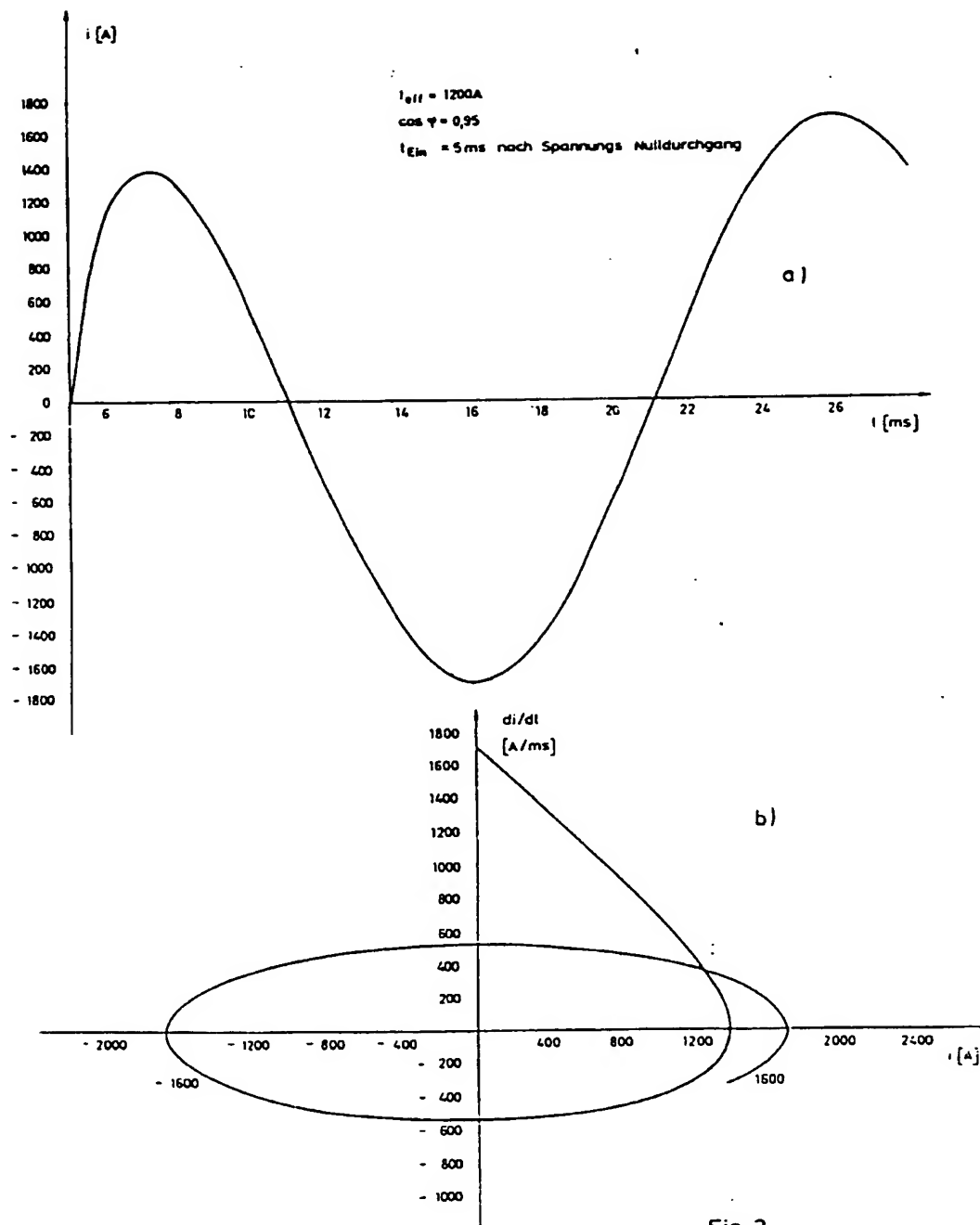
6. Elektronischer Auslöser nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei Halbleiterschaltern die Ausschaltung durch Gegenstrom bewirkt wird, der durch eine durch den Auslöseimpuls eingeleitete Entladung eines Kondensators erzeugt wird.

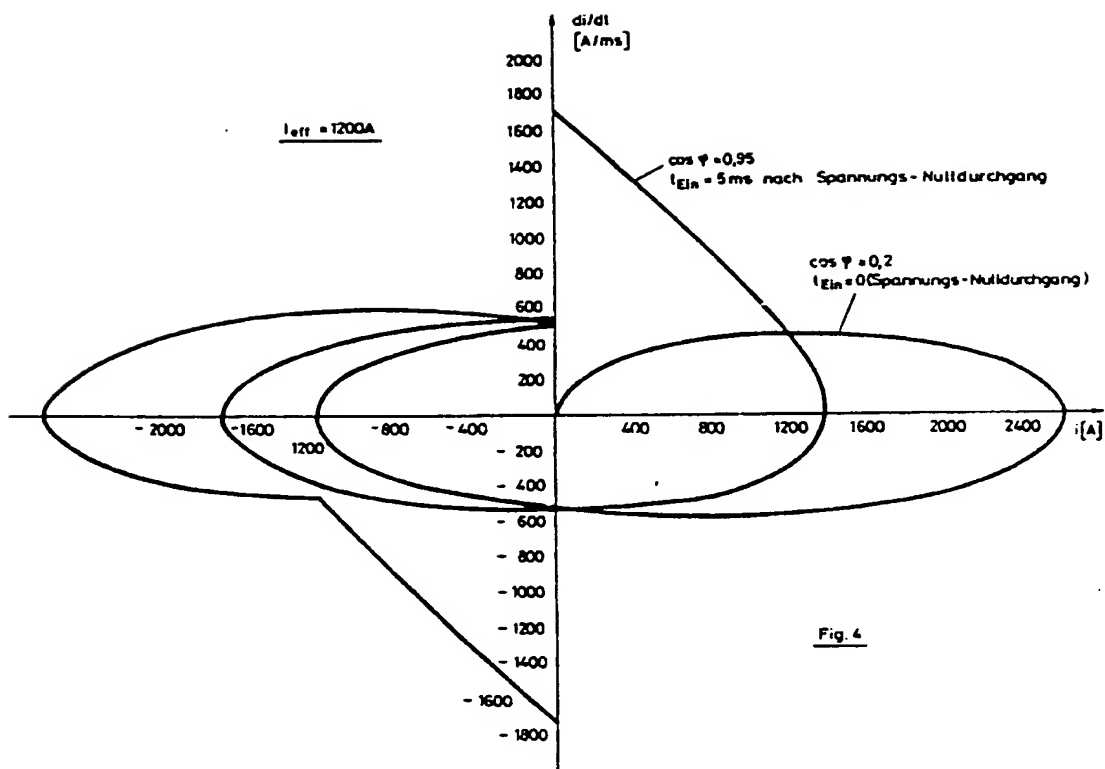
Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -









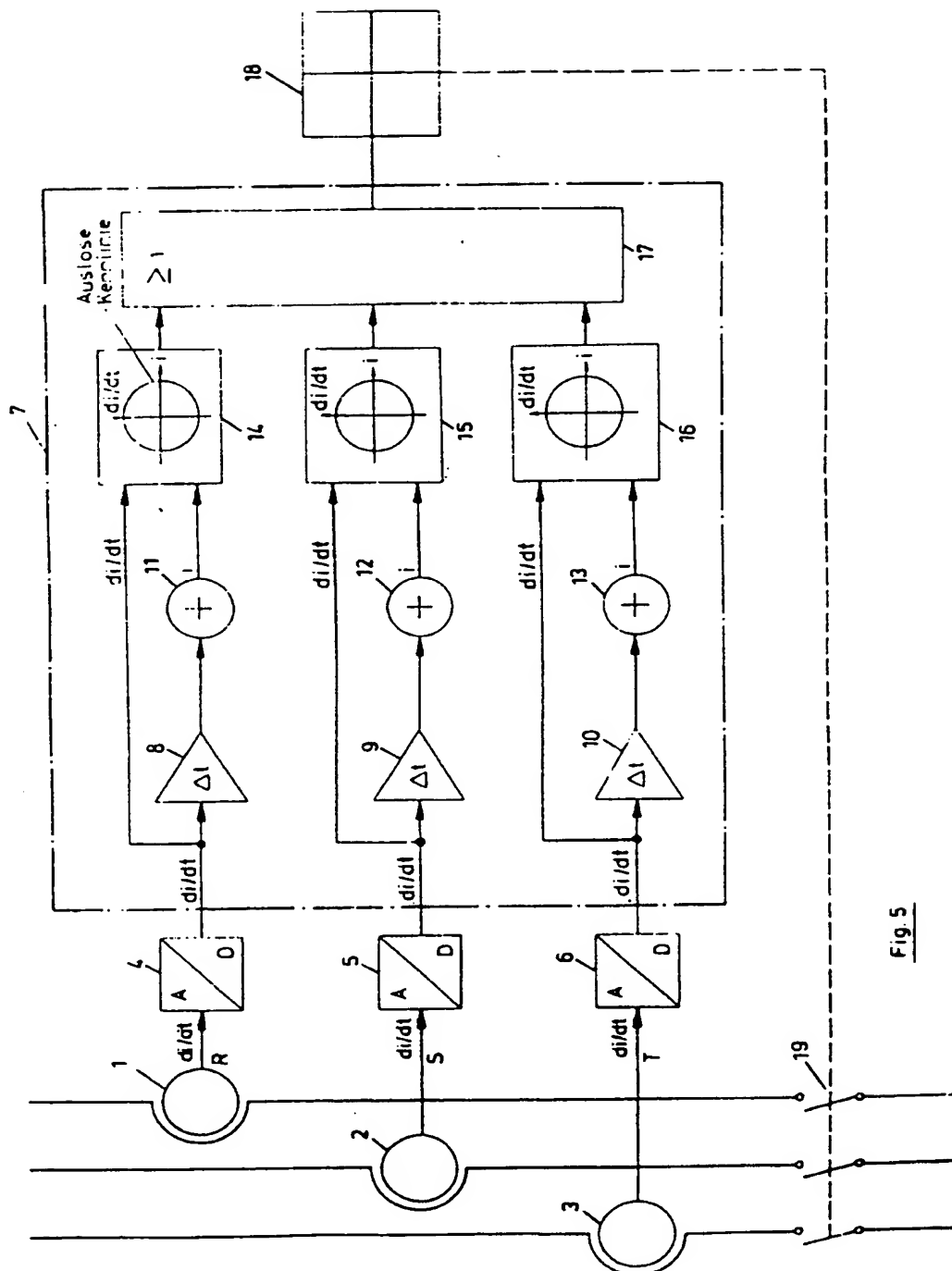


Fig. 5